

三次元点群を用いた皿基準による食物体積推定法

二石 佳南

指導教員：小林 邦和

1 はじめに

現在、日本では超高齢化社会に突入している。それに伴い医療費削減や病床数不足などにより在宅医療が促進されているため、独居高齢者の増加が見込まれている [1]。高齢者の多くは日常的に薬を服用している。しかし、フレイルや認知機能の低下により服薬管理能力が低下しているため、食後の服薬忘れが頻発している。この問題を解決するためにお薬カレンダーを利用した自己管理、服薬管理リマインダーによる服薬時間通知が行われている。しかし、自己管理であること、服薬時間を事前に定めていることなど、食後の適切なタイミングで服薬を支援できているとは限らない。そこで食後の適切なタイミングで服薬支援が可能となれば、服薬忘れの発生を低減できると考えた。

食後の服薬支援に向けて、食事終了のタイミングを把握する必要がある。そのためには食事の量を推定することが重要である。また、高齢者の食卓には皿が1つだけの状況は少なく、手や箸など様々な影響が存在する。食事認識に関する先行研究では、皿の縁に色を付与した色情報による認識方法があった [2]。しかし、事前に皿に色を付与する必要があるため、使用できる皿が限られてしまう。

我々の先行研究では、深度画像を入力とした楕円検出により皿を検出し、皿領域内の距離の減少率により相対的に食物量を推定していた [3]。これにより従来手法では困難であった事前情報の無い皿にも対応した食物量の推定を可能にした。しかし、深度情報を使って推定していたため、相対的変化でしか食物量を認識できなかった。また、食物の乗っている皿がただ1つの状況のみでしか推定をおこなっていなかった。

そこで本研究の目的は、食卓上に存在する皿内部の食物の体積を推定することとした。RGB-D カメラを利用し、三次元の座標を持つ三次元点群を用いて、皿の曲面を認識する皿を基準とした食物の体積を推定する。

2 提案手法

本研究では、色情報を用いない推定方法を提案する。処理の流れを図1に示す。

2.1 食卓平面認識

まず食卓平面を認識し、皿や食物の認識の簡便化を図る。本手法では食卓平面が最大の平面であると仮定した。食卓の平面を認識する際 LMedS 法 (Least Median of Squares) を用いた。食卓平面認識における LMedS 法は、点群中から任意の3点を選ぶ。その3点が結ぶ平面付近にある他の点を数え、そこに含まれる点数が最大となる部分が尤もらしい平面と判断する。

また、簡便化のためにカメラ座標系から食卓座標系へ変換する。カメラ座標系から食卓座標系へ一致させるためのクォータニオンを求めて点群を変換する。食卓

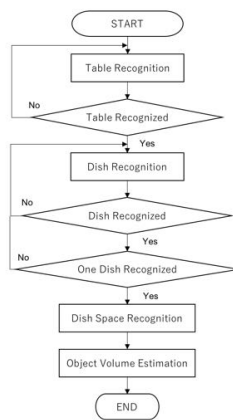


図1 処理の流れ

座標系では食卓平面上の点群が X-Y 平面上に存在するため、食卓平面上の物体を認識することが容易になる。

最後に、食卓上の物体を認識しやすくするため、食卓平面上の点群は削除する。これより、食卓上に存在する物体の点群だけが残る状況になる。

2.2 皿認識

食物が存在する場所の特定のために皿認識を行う。皿は中央が縁に比べて凹んだ形状をしていることが多いため、下に凸の形状をした曲面を持つものを皿と仮定する。まず皿の曲面を認識するために、前述と同様の LMedS 法を用いて下に凸の曲面を認識する。下に凸の曲面が複数個存在する場合はループ処理により LMedS 法を複数回使用し認識する。しかし、曲面認識のみでは皿以外の物体が周辺に存在した場合に誤認識してしまう可能性がある。そこで認識した曲面に対して、領域拡張法を用いて皿と皿以外を区別した。領域拡張法は法線と曲率に基づきセグメンテーションを行う手法のため、皿の外側に発生するノイズを除去するために有用な手法であると考えた。また、皿の中心点を皿の点群座標の平均値より求めた。

次に皿の上の空間を認識するために、セグメンテーションした点群の凸包を求める。皿の上の空間を認識する手順を図2に示す。その後、皿の中心点から凸包点群の各点までの距離を式 (1) より算出する。ここで皿の中心点は (x_c, y_c, z_c) とし、凸包点群の各点は (x_i, y_i, z_i) と表す。計算した距離の中で最大の距離であったものを D_{max} と置く。これより、皿の中心点から D_{max} 内に存在する全ての点を皿の空間内に存在する点とする。

$$D = \sqrt{(x_c - x_i)^2 + (y_c - y_i)^2 + (z_c - z_i)^2} \quad (1)$$

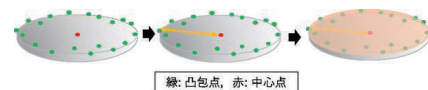


図2 皿空間認識の流れ

2.3 食物体積推定

複数の食物の固まりが存在する状況を仮定する。まず、食物を個別に認識するために、皿の空間内の食物に対してグラフカットの手法を使ってセグメンテーションをする。この手法はセグメンテーションする食物に必ず属する点を基準点と定め、グラフ構造を生成し、グラフを切断するコストが最小になるようにすることで食物同士をセグメンテーションできる。事前情報として、食物に属する点と、セグメンテーションする食物の大きさを与える必要がある。

次に、セグメンテーションを行なった食物に対して体積推定を行う。食物の個数を k とする。食卓から物体の高さを $h_{k.all}$ 、食卓から皿までの高さを h_{dish} とし、 $h_{k.all}$ と h_{dish} の差を食物の高さ h_{food} とする。食物の凸包を求め、その表面積 S_k を求める。 S_k と h_{food} を利用して、体積 $V_k (k = 1, 2, \dots, n)$ を式 (2) より求める。 n は食物の個数である。最後に食物全体の体積 V_{all} を式 (3) より求める。これより簡易的ではあるが、食物の体積が求められる。

$$V_k = S_k \times h_{food} \quad (2)$$

$$V_{all} = \sum_{k=1}^n V_k \quad (3)$$

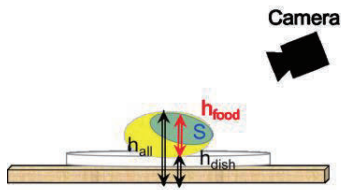


図3 体積推定の概要図

3 実装

本研究は RGB-D カメラを使用する。RGB-D カメラは、Orbbec 社の「Astra S」である。また、ROS パッケージとして開発をしているため、OS は「Ubuntu 16.04」を使用し、ROS のバージョンは「kinetic」である。ROS の利点として、ROS に対応したロボット全般にプログラムを大幅に変更することなく流用できる点が挙げられる。プログラミング言語は「C++」を利用し、ライブラリは「Point Cloud Library(PCL)」である。PCL は点群処理を行う大規模オープンソースフレームワークである。また、提案手法の処理を行うために PCL のクラスを使用した。使用したクラスは、「Least Median of Squares」「Region Growing Segmentation」「ConvexHull」「Min-Cut Based Segmentation」である。

4 実験

本実験の目的は、食卓の皿空間内に存在する食物の体積を推定できているか確認することである。

4.1 実験方法

比較検証として、食卓上に皿が1枚のみの場合(A)、皿空間外に1つ他の物体が存在する場合(B)における皿空間内の体積推定を行う。実験で使用する物品は、茶色のテーブル、白色の磁器丸皿1つ、白色の磁器小鉢1つ、100 cm³の俵状粘土4つである。使用する丸皿は光沢があり点群が取得できない部分が発生するため、認識が難しい皿の1つである。また、粘土は原材料に米を使ったものを使用し、食物と模している。前述の物品を使用し、皿空間認識を行なった場合と行わない場合での体積を推定し、推定値の分散を比較する。実験は以下の手順で行なった。

1. 食卓上に白色丸皿1枚を置き、皿の上に粘土を4つ配置する。
2. 粘土の配置を変え50回体積を推定する。
3. 1.の状況に小鉢を伏せて皿の近くに配置する。
4. 2.と同様に体積を推定する。

これより、皿のみの場合と皿以外が存在する場合での比較を行う。

4.2 実験結果

皿空間認識を行わなかった場合と行なった場合の三次元点群処理の例を図4に示す。またそれぞれの体積推定の結果を表1に示す。これより、皿空間認識を行なった場合では外側の小鉢を誤認識することなく体積推定が行えた。

まずAについてはどちらの場合でも同等の結果となった。体積の平均値はどちらも真値より小さいが、食物点群の欠損の影響で実際よりも小さく推定されたことが原因である。これよりどちらの場合でも体積推定が行えることがわかる。

次にBについて述べる。平均値は皿空間認識を行わない場合の方が真値に近い値になっている。しかし、小鉢を食物と誤認識したため、体積が大きくなってしまったのである。皿空間認識を行なった場合では、皿の横の小鉢は皿空間内としていないため体積に含まれない。これより、皿空間認識を行うことで適切な位置の体積が推定できる。標準偏差に着目すると、皿空間認識を行なった場合では2/3程度に抑えることができた。

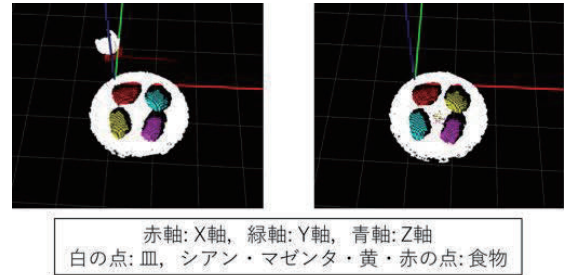


図4 皿・食物の点群処理の例

表1 A・Bにおける体積推定の結果

状況	指標	皿空間認識なし	皿空間認識あり
A	平均 [cm ³]	368.14	375.36
	標準偏差 [cm ³]	18.48	18.84
B	平均 [cm ³]	414.13	332.12
	標準偏差 [cm ³]	128.54	79.57

5 おわりに

本研究では、三次元点群を用いることで皿空間認識、食物体積推定に成功した。しかし、標準偏差が大きくなってしまった。実用化を目指すために、標準偏差を低減させ、実環境での食物体積推定を行うことが必要である。

参考文献

- [1] 齋木実『高齢者と在宅医療』日内会誌, Vol.107, pp.2478-pp.2484, 2018.
- [2] 高麗友里子, 大塚雄一郎, 井上智雄『食事状況認識によるテーブル型リアルタイム料理推薦システム』情報処理学会研究報告, Vol.2010-DPS-145, No.18, 2010.
- [3] 中川真里菜, 鈴木拓央, 小林邦和『生活支援ロボットでの服薬管理における食事進行度合い推測のための画像処理』計測自動制御学会第17回システムインテグレーション部門講演会(SI2016), No.303-4, pp.3174-3178, 2016.
- [4] 二石佳南, 鈴木拓央, 横山 加奈, 天木 伸子『領域拡張法を用いた三次元点群からの皿空間認識』計測自動制御学会第20回システムインテグレーション部門講演会(SI2019), No.3B2-12, 2019.